

Application de la grille à la télédétection des aérosols *

Fabrice Ducos¹, Jean-Luc Deuzé¹, Didier Tanré¹, and David Weissenbach²

¹Laboratoire d'Optique Atmosphérique, Université des Sciences et Technologies
de Lille, Villeneuve d'Ascq, France

²Institut Pierre Simon Laplace des sciences de l'environnement

1^{er} décembre 2011

Résumé

Les satellites sont devenus des instruments incontournables de l'observation de la Terre et de son atmosphère. Ils permettent de suivre et de caractériser de plus en plus finement, à l'échelle globale, les différents constituants de l'atmosphère (gaz, nuages, aérosols) qui seront ensuite pris en compte dans les modèles de prévision du climat. Un corollaire à l'accroissement du volume d'informations émis par satellite et au raffinement des techniques de modélisation est l'augmentation de la puissance de calcul nécessaire à l'exploitation scientifique des données. Dans cette perspective, l'Initiative de Grille Européenne (EGI, anciennement EGEE) est une solution envisagée pour traiter des données satellitaires. Elle a été appliquée au traitement des données d'un satellite français d'observation des nuages et des aérosols, PARASOL, et a permis de traiter en trois mois et sans frais de développement important, en particulier sans achat de nouveau matériel ni refonte de l'application concernée, l'équivalent de dix-huit mois de la puissance de calcul obtenue en mobilisant toutes les ressources à la disposition du personnel exploitant – ce qui n'aurait de toute façon pas été effectué dans ces conditions.

Abstract

Satellites have become major tools for the observation of Earth and its atmosphere. They make it possible to follow and to characterize, at global scale, the different components of the atmosphere (gas, clouds, aerosols) that will then be taken into account in global climate models. A corollary to the increase of available information provided by satellite and to the refinement of modeling techniques is the growth of computing power necessary to the scientific exploitation of data.

*Les auteurs tiennent à exprimer leurs plus vifs remerciements à France Grilles/EGI qui a rendu possible la réalisation de ce travail, ainsi qu'au Centre de Gestion et de Traitement de Données ICARE, distributeur des données PARASOL et réalisateur du poster ci-joint. Enfin nous remercions le CNES, initiateur de la mission PARASOL, ainsi que l'Université Lille 1, le CNRS et la région Nord Pas-de-Calais, partenaires du projet ICARE.

With this in prospect, the European Grid Initiative (EGI, formerly EGEE) is a considered solution to process satellite data. It was applied to the data processing of a french observation satellite for clouds and aerosols, PARASOL, and made it possible to process in three months and without high development cost, in particular with no purchase of new equipment or application refactoring, the equivalent of eighteen months of the computing power available to the operation staff – that wouldn't have been done under these conditions anyway.

Introduction

La responsabilité de l'Homme dans l'évolution des conditions climatiques globales depuis les débuts de l'industrialisation au XIX^e siècle est maintenant établie avec un degré élevé de certitude [1]. Avec l'accroissement exponentiel de la population mondiale au cours du XX^e siècle et en ce début de XXI^e, la compréhension et la maîtrise des impacts de l'activité humaine sur le climat devient un enjeu planétaire.

Parmi ces bouleversements, le renforcement de l'effet de serre dû en particulier aux rejets industriels et aux transports, la réduction d'épaisseur de la couche d'ozone en Antarctique sont parmi les phénomènes les plus connus. Il existe cependant d'autres mécanismes intervenant dans les changements majeurs actuellement observés dans le milieu atmosphérique et le climat. Ces mécanismes font intervenir les nuages, les aérosols et leurs interactions avec le rayonnement et la circulation atmosphérique.

Au sein du système atmosphérique, les aérosols sont des constituants fondamentaux, d'abord connus pour être à l'origine des phénomènes de réduction de visibilité atmosphérique. Les fortes concentrations en particules fines dans les zones urbanisées sont devenues un problème majeur de santé publique et on les tient pour responsables de centaines de milliers d'hospitalisations et des milliers de décès chaque année rien qu'en Europe [2]. Enfin, les aérosols participent de façon importante au bilan radiatif terrestre [3], [4], en diffusant (tendance au refroidissement de l'atmosphère) et en absorbant (échauffement) le rayonnement solaire. Ils interviennent également dans les mécanismes de formation des nuages et influent sur leur durée de vie.

La mission PARASOL

Nous nous intéressons dans cette communication aux aspects opérationnels du traitement des données d'un satellite d'observation de l'atmosphère terrestre, PARASOL, dans le contexte de l'Initiative de Grille Européenne (EGI).

PARASOL (Polarisation et Anisotropie des Réflectances au sommet de l'Atmosphère, couplées avec un Satellite d'Observation emportant un Lidar) est un microsatellite Myriade développé par le CNES, à orbite héliosynchrone, embarquant à son bord un radiomètre POLDER (Polarization and Directionality of the Earth's Reflectances) [5], conçu en collaboration avec le LOA.

PARASOL est particulièrement bien adapté à l'étude des aérosols [6], [7], [8], et a fourni une couverture globale presque ininterrompue de leurs propriétés depuis mars 2005. Initialement prévue pour deux ans d'exploitation, la mission a entamé sa septième année au moment de l'écriture de ces lignes et devrait s'achever en 2013. De 2005 à 2010, PARASOL a fait partie de A-TRAIN, formation internationale de satellites, accompagnant en particulier, à quelques minutes d'intervalle, le satellite AQUA de la NASA, embarquant le radiomètre MODIS [9], et le satellite franco-américain CALIPSO, développé conjointement par le CNES et la NASA et embarquant le lidar CALIOP. En décembre 2010, le CNES a baissé de quelques kilomètres l'orbite de PARASOL par rapport à celle

de l'A-TRAIN, par mesure de sécurité pour ses compagnons de l'espace, en raison de l'âge avancé de la mission et des risques liés au défaut de carburant.

Contexte de l'utilisation d'EGI/EGEE

Les acquisitions brutes (niveau 0) de PARASOL sont réceptionnées jour après jour par le MIGS (Micro-satellite Ground Segment) du CNES à Toulouse, puis délivrées au CMS-N1 (Centre de Mission Scientifique de Toulouse Niveau 1) qui assure la mise à niveau des produits sous forme de radiances normalisées et géolocalisées (niveau 1) avant leur acheminement au Centre de Gestion et de Traitement de Données ICARE de Ville-neuve d'Ascq. Ce dernier, à son tour, est responsable de la transformation opérationnelle, à partir d'algorithmes principalement développés au LOA, des produits en niveaux 2 : couverture nuageuse, phase thermodynamique et propriétés microphysiques des nuages, épaisseur optique des nuages et des aérosols (une mesure de l'opacité du milieu), exposant d'Angström (qui caractérise la dépendance spectrale du pouvoir d'extinction des particules et est également corrélé à leur taille), etc.

Les niveaux 2 opérationnels sont à la résolution de 3x3 pixels de niveau 1, soit environ 20 km, la résolution d'un niveau 1 étant comprise entre 6 et 7 km au nadir. A l'époque du développement initial des chaînes de traitement, ce choix s'imposait en raison des temps de traitement qui auraient été prohibitifs en pleine résolution. Pour les chaînes aérosols, il a été décidé récemment de lever cette restriction, qui ne s'imposait plus techniquement et ce qui permettrait de comparer plus aisément les produits aérosols PARASOL à ceux d'autres capteurs dont la résolution des produits était proche (MODIS : 10 km, CALIOP : 5 km).

La puissance de calcul nécessaire à un tel traitement était bien plus importante qu'au-paravant, et afin de ne pas bouleverser les traitements opérationnels pour des produits à la qualité encore incertaine, il fut décidé d'assurer les traitements en interne. Au départ, l'objectif était de ne traiter qu'un mois d'acquisition ou deux, ce qui était possible dans des délais raisonnables compte tenu des moyens de calcul du laboratoire. Par contre, le traitement complet de l'archive (cinq ans de données) aurait duré dix-huit mois en mobilisant toutes les ressources de calcul disponibles, et des études de saisonnalité, importantes pour la recherche sur les aérosols, étaient exclues dans ces conditions.

L'existence de la grille EGEE fut portée à la connaissance du laboratoire à peu près à la même période et aussitôt envisagée comme solution possible pour l'exercice en cours. Celui-ci était également une bonne occasion de tester les possibilités de la grille de calcul dans le contexte d'un traitement de données satellitaires. Un mois de préparation fut nécessaire pour le développement des scripts de déploiement sur la grille des données d'entrée et de rapatriement des résultats, ainsi que pour les premiers tests. Le principal facteur limitant cessa d'être la puissance disponible mais les transferts réseau entre le centre distributeur de données, qu'il était exclu de saturer, et les nœuds de stockage. Trois mois en tout et pour tout furent nécessaires pour achever le traitement de l'ensemble de l'archive alors disponible.

TABLE 1 – Bilan des données d’entrée à acheminer sur la grille (niveaux 1) et des produits obtenus (niveaux 2), par année d’acquisition

année	niveaux 1	niveaux 2
2005	2.0 To	238 Go
2006	2.7 To	312 Go
2007	2.4 To	285 Go
2008	2.8 To	333 Go
2009	2.5 To	294 Go

Conclusion

L’exercice décrit ci-dessus faisait suite à une première présentation qui nous avait été faite d’EGEE et de ses possibilités, et constituait réellement notre expérience pilote concernant l’utilisation de la grille de calcul. L’application concernée se prêtait naturellement au déploiement sur grille dans la mesure où les orbites successives pouvaient être traitées indépendamment. La principale difficulté, non résolue à l’heure actuelle et pour des raisons essentiellement non techniques, est l’absence de visibilité, même restreinte, des données des centres distributeurs depuis la grille. Cette question est sérieuse car elle tient aux conditions mêmes d’utilisation des données, et les centres distributeurs ne sont eux-mêmes pas toujours propriétaires des données qu’ils hébergent. Dans le cas présent, toutes les données utilisées étaient publiques, mais cette restriction a nécessité le développement d’une procédure d’acheminement complexe des données sur des noeuds de stockage temporaires. Elle a représenté l’essentiel de l’effort de portage et est à l’origine des limites de performance rencontrées. Nous pouvons néanmoins conclure que le projet EGEE a pleinement répondu au besoin exprimé et les traitements prévus ont pu être achevés dans des délais largement inférieurs à ceux espérés avec nos propres ressources.

Addendum : Poster

L'épaisseur optique est une mesure du degré d'opacité d'un milieu. Elle est grossièrement représentative de la quantité de particules dans l'atmosphère, ici les aérosols, et plus précisément de leur pouvoir de diffusion et d'absorption, plus ou moins important selon la longueur d'onde. Les planches du poster ci-joint illustrent les moyennes saisonnières globales en épaisseur optique des aérosols à 550 nm, entre 2005 et 2009, sur mer, ainsi que la moyenne pluri-annuelle entre 2005 et 2009 de l'épaisseur optique du mode fin sur terre et mer, avec les variations annuelles par rapport à cette moyenne. Sur mer, quatre niveaux d'épaisseur optique sont présentés, dans l'ordre :

- épaisseur optique totale des aérosols
- épaisseur optique du mode fin (aérosols de quelques dixièmes de microns de diamètre au maximum, parmi lesquels l'essentiel des particules liées directement ou indirectement à l'activité humaine). On peut observer en particulier, sur les cartes en bas à droite, l'étendue de la combustion de biomasse en Amérique du Sud et en Afrique pour la période de juin à novembre, ou de la pollution industrielle en Chine ou le long du massif himalayen.
- épaisseur optique du gros mode non sphérique (principalement des particules d'origine minérale, e.g. les particules de sable saharien)
- épaisseur optique du gros mode sphérique

Références

- [1] R.K. Pachauri and A. (Eds) Reisinger, editors. *Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report*, volume The AR4 Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2007.
- [2] R. Wilson and J. Spengler. *Particles in our air : concentrations and health effects*. Harvard University Press, Boston, 1996.
- [3] J.T. Houghton et al. Eds, editor. *Intergovernmental Panel on Climate Change. Third Assessment Report*, volume WG I. Climate Change 2001 : The Scientific Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2001.
- [4] J.J. McCarthy et al. Eds, editor. *Intergovernmental Panel on Climate Change. Third Assessment Report*, volume WG II. Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation and Vulnerabilities. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2001.
- [5] P.Y. Deschamps, F.M. Bréon, M. Leroy, A. Podaire, A. Bricaud, J.C. Buriez, and G. Sèze. The POLDER mission : instrument characteristics and scientific objectives. *IEEE T. Geosci. Remote*, 32 :598–615, 1994.
- [6] J.L. Deuzé, F.M. Bréon, C. Devaux, P. Goloub, M. Herman, B. Lafrance, F. Maignan, A. Marchand, G. Perry, and D. Tanré. Remote sensing of aerosols over land surfaces from POLDER/ADEOS-1 polarized measurements. *J. Geophys. Res.*, 106 :4913–4926, 2001.
- [7] M. Herman, J.L. Deuzé, A. Marchant, B. Roger, and P. Lallart. Aerosol remote sensing from POLDER/ADEOS over the ocean : improved retrieval using a nonspherical particle model. *Geophys. Res.*, 110(D10S02), 2005. doi :10.1029/2004JD004798.
- [8] B. Gérard, J.L. Deuzé, M. Herman, Y.J. Kaufman, P. Lallart, C. Oudard, L.A. Remer, B. Roger, B. Six, and D. Tanré. Comparisons between POLDER2 and MODIS/Terra aerosol retrievals over ocean. *J. Geophys. Res.*, (D24211), 2005. doi :10.1029/2005JD006218.
- [9] D. Tanré, Y.J. Kaufman, M. Herman, and S. Mattoo. Remote sensing of aerosol properties over oceans using the MODIS/EOS spectral radiances. *J. Geophys. Res.*, 102(D14) :16971–16988, 1997.